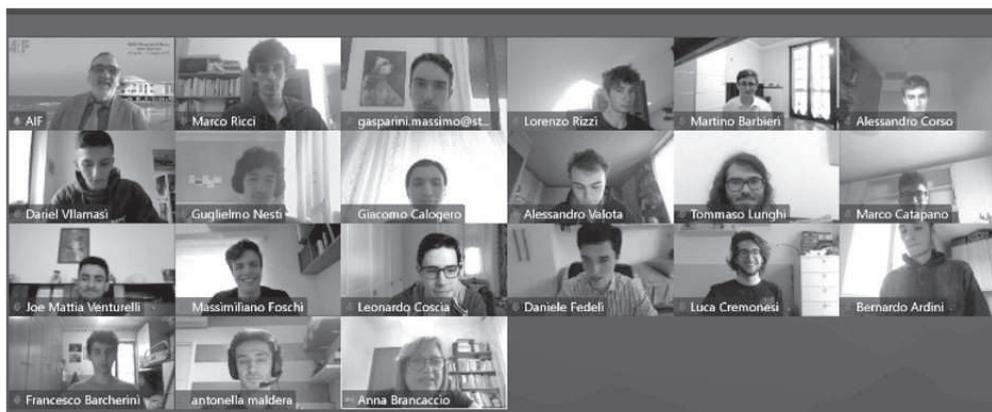


Speciale Olimpiadi di Fisica 2021

La realizzazione della XXXV edizione della manifestazione ha richiesto l'adozione di un'organizzazione nuova e sfidante. Infatti dopo la sorpresa dell'edizione precedente, interrotta a fine febbraio al termine della Gara di Secondo Livello e prima dello svolgimento della Gara Nazionale a causa del lockdown imposto dall'emergenza sanitaria da SARS-Cov-2, in questa edizione si è partiti sapendo già che si sarebbe dovuto convivere con l'emergenza sanitaria, ma senza sapere in anticipo se le iniziative si sarebbero potute svolgere in presenza oppure a distanza.



Abbiamo dunque dovuto pianificare tutte le fasi della competizione nelle due modalità e poi prevedere la necessaria flessibilità organizzativa per passare rapidamente da una modalità all'altra per l'intera manifestazione oppure solo per alcune fasi oppure per singole scuole o regioni italiane.

Iniziammo così sin dalla primavera precedente a progettare una piattaforma on line che potesse permettere lo svolgimento della Gara di Primo Livello direttamente dai device degli studenti. Il progetto realizzato ha resistito alla prova sul campo; infatti tutto si è svolto come avevamo previsto, senza intoppi o incidenti vari.

Anche per la gara di secondo livello abbiamo previsto una modalità che evitasse l'assembramento degli studenti nei poli. Gli studenti hanno svolto la prova nella propria scuola sotto la videosorveglianza dei docenti responsabili di polo, poi gli elaborati sono stati inseriti in una piattaforma da dove la commissione li ha prelevati e valutati lavorando a distanza. Purtroppo a causa di qualche lockdown imposto da autorità locali nei giorni della prova, in alcuni territori o in alcune scuole non si è potuta svolgere la Gara di Secondo Livello.

La Gara Nazionale si è svolta in modalità on line. Fu necessario predisporre un kit sperimentale da spedire ad ogni concorrente, che potesse permettere lo svolgimento della prova sperimentale direttamente nella scuola dello studente. Gli studenti hanno affrontato le due prove nelle rispettive scuole sempre sotto la videosorveglianza delle

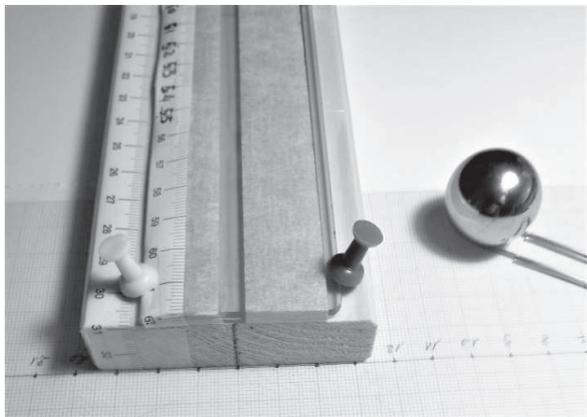


Figura 4 - Particolare della rampa di lancio.

Le gittate (G) sono prevedibili e puoi studiare l'accordo tra le previsioni e le misure fornite dall'esperimento. Per prevedere la gittata basta considerare che l'energia potenziale della sfera alla partenza è $E_p = mgh$, dove h è l'altezza definita in figura 3.

Inoltre, il lavoro fatto dalla forza dissipativa \vec{F} , ipotizzata costante durante tutta la fase di lancio, è possibile calcolarlo con la relazione $|W| = kmgl$, con ℓ lunghezza del percorso totale effettuato dalla sfera a contatto con la guida.

Alla fine della guida la sfera avrà una energia cinetica E_c data dalla somma di due termini: l'energia del moto di traslazione del centro di massa, $\frac{1}{2}mv^2$, e l'energia di rotazione della sfera intorno all'asse orizzontale passante per il centro di massa $\frac{1}{2}I\omega^2$, dove $I = \frac{2}{5}mr^2$ è il momento d'inerzia di una sfera omogenea calcolato rispetto ad un diametro. Tenendo conto che, per la condizione di assenza di slittamento è $\omega = v/r$, segue: $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{5}{7}E_c$.

Dal bilancio energetico scritto per questa fase del lancio si ottiene, pertanto:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{5}{7}(E_p - |W|).$$

Notare che al di sotto di una certa velocità la sfera abbandona la guida solo dopo una rotazione attorno al bordo. Questo "effetto di bordo" altera i valori della velocità e della posizione del centro di massa al momento del distacco dalla guida.

5. Effettua e riporta in tabella le misure atte a determinare l'intervallo dei valori dell'arco \widehat{AB} (vedi figura 3) affinché la sfera non risenta dell'effetto del bordo.

La tecnica della carta carbone permette di rilevare alcuni rimbalzi della sfera dopo un lancio. Si ipotizza che negli urti col tavolo si verifichino due condizioni:

- si conservi la componente orizzontale della velocità di traslazione (v_x)
 - il coefficiente di restituzione (e), definito come il rapporto ($e = v'_y/v_y$) tra le intensità delle componenti verticali delle velocità in uscita (v'_y) e in ingresso (v_y) nell'urto, sia costante nei vari rimbalzi.
6. Verifica che la distribuzione delle prime tre tracce lasciate dagli urti successivi dopo un lancio è compatibile con le due ipotesi suddette. Descrivi la procedura adottata e i risultati ottenuti.
 7. Quantifica il rapporto $\rho = E_f/E_i$ tra le energie cinetiche possedute dalla sfera subito dopo (E_f) e subito prima (E_i) del primo rimbalzo. Descrivi la procedura adottata e i risultati ottenuti.

Entrambe le camere sono riempite con elio gassoso alla pressione p_0 e alla temperatura T_0 . Viene applicata una forza al pistone, in modo che si muova lentamente verso l'alto.

- Trova il volume della camera inferiore V_i quando il gas inizia a fluire tra le camere.
- Trova la temperatura T_{1*} nella camera superiore quando il pistone tocca il diaframma.
- Trova la temperatura T_{2*} nella camera inferiore immediatamente prima che il pistone tocchi il diaframma.

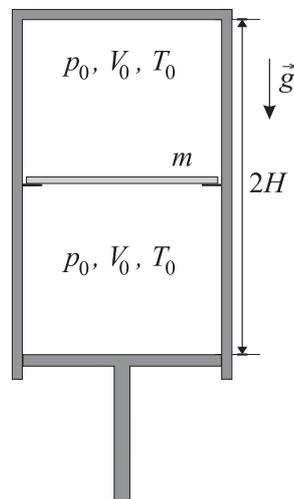


Figura 1.1

PROBLEMA N. 2 – Un filo intorno ad un cilindro

10 Punti

Un'estremità di un filo è piegata a formare un anello di lunghezza $L > 2\pi R$, e un cilindro di raggio R viene inserito nell'anello. Il coefficiente di attrito tra il filo e il cilindro è μ . L'estremità libera del filo viene tirata parallelamente all'asse del cilindro (come mostrato dalla freccia nella foto) mantenendo fermo il cilindro.

Se la lunghezza dell'anello è maggiore di un valore critico, $L > L_0$, l'anello può scorrere lungo il cilindro senza modificare la sua forma, altrimenti l'attrito lo "blocca" in una posizione e aumentando la forza di trazione si finirebbe per rompere il filo.

- Trova questo valore critico L_0 .

Il peso del filo è da trascurare; il filo non si attorciglia quando viene tirato.

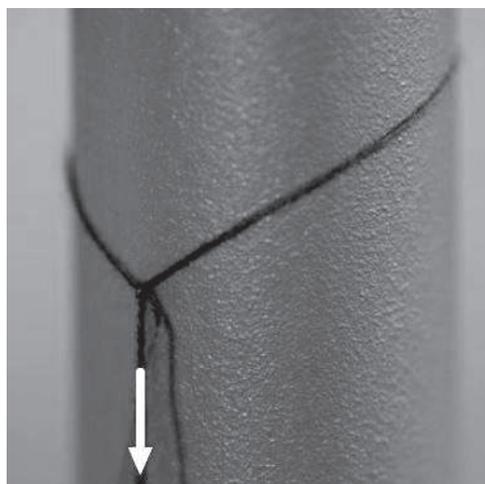


Figura 2.1

Potrebbe essere utile sapere che

$$2 \int \sqrt{1+x^2} dx = x\sqrt{1+x^2} + \operatorname{arcsenh} x \quad \text{dove} \quad \operatorname{arcsenh} x \equiv \ln \left(x + \sqrt{1+x^2} \right).$$

PROBLEMA N. 3 – Una sfera di vetro

10 Punti

La prima foto qui accanto è scattata con una fotocamera digitale e mostra una sfera di vetro, retroilluminata con luce bicromatica diffusa che ha solo due strette righe spettrali (rosso a 630 nm e viola a 400 nm). La luce diffusa proviene dal pavimento bianco (contrassegnato con '1' nella figura) e dalle pareti bianche (contrassegnate con '2'), entrambe illuminate con lampade a LED viola e rosse. Il sensore della fotocamera ha solo sensori sensibili al rosso, al blu e al verde, di conseguenza la luce viola appare nella foto come blu. La foto è scattata da una distanza molto maggiore del raggio della sfera. Sul retro della sfera, un filo opaco molto sottile è incollato alla superficie di vetro, formando, sulla sfera, un arco di cerchio massimo.

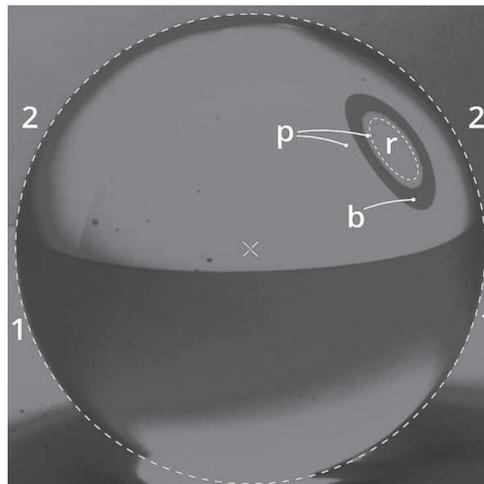


Figura 3.1

Nella foto il filo è coperto dalla sfera e non può essere osservato direttamente. Tuttavia, immagini estremamente deformate di un segmento molto corto del filo sono viste come ellissi blu (contrassegnate con 'b') e rosse ('r'). La lettera 'p' indica le aree di colore porpora nella foto.

Nella prima foto, il centro della sfera è segnato con una croce, e il perimetro della sfera è tracciato con una linea tratteggiata. Puoi trovare una versione più grande della prima foto su un foglio a parte.⁽²⁾ Puoi effettuare le misurazioni delle lunghezze su questa immagine. Nella foto più grande è indicato, con una linea tratteggiata, anche il confine tra le regioni rossa e porpora.



Figura 3.2

La seconda foto è stata scattata mentre si illumina la scena con un LED bianco, con la sfera girata in modo che il filo possa essere visto direttamente.

- Spiega qualitativamente, usando un diagramma dei raggi luminosi, perché un segmento del filo è visto come un anello chiuso nella prima foto.
- Determina il coefficiente di rifrazione n_r per la luce rossa.
- Determina la differenza dei coefficienti di rifrazione $\Delta n \equiv n_v - n_r$ per la luce viola e rossa (dove n_v indica il coefficiente di rifrazione per la luce viola).

⁽²⁾ Il lettore può trovare la foto a colori e ingrandita nel sito delle EuPhO:
https://eupho.ee/wp-content/uploads/2021/06/EuPhO_2021-theory.pdf

Puoi supporre che:

- l’ago magnetico sia un dipolo magnetico puntiforme, che può ruotare liberamente attorno all’asse verticale, cioè che la bussola sia sensibile solo alla componente orizzontale del campo magnetico;
- l’altezza dell’ago sopra la superficie sia trascurabile rispetto alla profondità del filo sotto la superficie, cioè che l’ago si trovi nel piano xy .

Progetta il tuo esperimento ed effettua le simulazioni necessarie per eseguire le seguenti attività:

- a. determina l’orientamento del filo rispetto al sistema di coordinate specificandone l’equazione nella forma: $y = ax + b$, e stima le incertezze dei parametri a e b . Disegna la posizione del filo su un grafico e indica la direzione corrispondente alla corrente positiva I .
- b. determina la profondità h del filo sotto la superficie e la componente orizzontale B_T del campo magnetico terrestre. In questa attività non è necessario calcolare esplicitamente le incertezze sperimentali, tuttavia, i risultati finali devono essere rappresentati con un numero appropriato di cifre significative.

La permeabilità magnetica del vuoto è

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A.}$$

Descrizione del software di simulazione

Il programma “`command line`” simula la misurazione dell’angolo di deflessione φ dopo aver fornito la corrente I e posizionando la bussola alle coordinate x e y sulla superficie.

Un tipico output di un singolo ciclo di simulazione del programma è riportato a fianco.

```
Enter I (A) between -5.0 and 5.0: 3.4
Enter X (mm) between 0 and 100: 55
Enter Y (mm) between 0 and 100: 31
PHI = -33 degrees
-----
Enter I (A) between -5.0 and 5.0: _
```

Figura Sp1.2

Primo, inserisci la corrente I in A (il numero tra -5.0 e 5.0), poi le coordinate x e y in mm (i numeri tra 0 e 100). Ciascun input è confermato premendo il tasto `Enter`. Il programma fornirà in uscita il valore di φ (PHI) in gradi (arrotondato a 1°) e ritornerà allo stato iniziale.

La corrente inserita I sarà arrotondata a 0.1 A, le coordinate inserite x , y saranno arrotondate a 1 mm prima di essere utilizzate nella simulazione. (Non vengono assegnati punti se si tenta di inserire numeri più precisi).

Ogni volta che cambi la posizione della bussola, la sua effettiva posizione usata nella simulazione differirà dalle coordinate inserite per un’incertezza di circa 0.5 mm. (È una simulazione della limitata precisione con cui si posiziona realmente un oggetto).

Ogni volta che hai necessità di uscire dal programma, premi `Ctrl+C`.

4.6 – Diario di bordo

Quello che segue è un breve diario delle attività che hanno dato vita alle giornate di gara, tra il 18 e il 26 giugno 2021.

18 giugno 2021 – Ritrovo

I cinque studenti sono stati convocati a Fabriano (AN) per le 6 del pomeriggio del 18 giugno.

In un locale dell'albergo che ospita la squadra italiana, il Dirigente Scolastico prof. Dennis L. Censi, leader del team, ha tenuto un breve seminario per illustrare il programma dei lavori e per dare le ultime raccomandazioni.

19 giugno 2021 – Prova teorica

È il giorno della prova teorica. I ragazzi vengono trasferiti dal loro albergo al Liceo Classico "Stelluti" di Fabriano, scuola di cui il nostro leader è Dirigente Scolastico. Un servizio taxi è organizzato per l'occasione. L'appuntamento è per le 8 del mattino davanti all'ingresso della scuola. Per il leader e i docenti accompagnatori (proff. Angelo Angeletti e Andrea Stefanini) la giornata è iniziata molto prima, per via della traduzione del testo della prova.

L'aula del Liceo adibita alla gara è stata allestita nei giorni precedenti. Una telecamera dovrà inquadrare gli studenti di spalle, in modo che i commissari EuPhO siano in grado di osservare le attività all'interno dell'aula e i desktop dei pc quando verranno utilizzati per la prova sperimentale. La stessa telecamera verrà utilizzata per sorvegliare la fase di la scansione degli elaborati fino al loro inoltro, via email, alla commissione EuPhO.

Alle ore 7:00 GMT (ore 9:00 di una caldissima giornata di Fabriano) viene dato il via ufficiale alla gara. Al termine delle 5 ore di gara i nostri studenti hanno consegnato i loro elaborati. Sono decisamente provati per il caldo e per le notevoli difficoltà che hanno dovuto superare. Il pomeriggio e la sera saranno dedicati al recupero delle energie fisiche e nervose. Noi docenti accompagnatori ci trasformiamo in coach per l'occasione. C'è da recuperare serenità e motivazione e questo rende bellissimo il rapporto umano che si instaura tra noi e i ragazzi. A cena parliamo con loro dei progetti futuri, delle loro aspettative e delle nostre esperienze. Pur nel profondo rispetto reciproco riusciamo ad abbattere alcune barriere generazionali. C'è allegria e, probabilmente, anche un po' di consapevolezza che le cose non stanno andando poi tanto male!

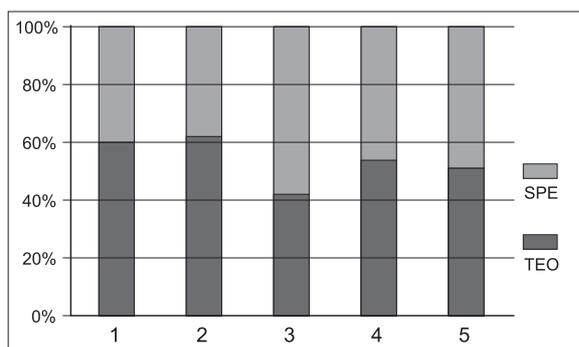


I 5 studenti della squadra italiana durante le prove a Fabriano

Questi i premi vinti dalla squadra italiana:

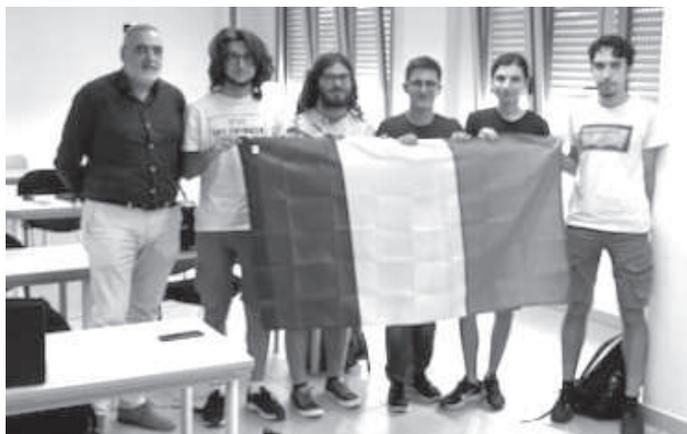
Martino Barbieri	ORO
Giacomo Calogero	ARGENTO
Luca Cremonesi	BRONZO
Massimo Gasparini	ARGENTO
Tommaso Lunghi	BRONZO

Nel grafico viene mostrata la ripartizione percentuale dei punteggi ottenuti dai 5 studenti tra la prova teorica e quella sperimentale. Tenendo presente che per la prova teorica sono disponibili 30 punti, mentre per la prova sperimentale i punti sono 20, si può notare come i risultati dei nostri studenti siano mediamente migliori nella prova sperimentale che in quella teorica.



È curioso notare come questo risultato si ripeta nelle ultime edizioni di alcune gare internazionali (IPhO 2019, EuPhO 2020).

Infine, nella Tabella 4 viene riportato il numero e il tipo di medaglie vinte da ogni nazione e l'indice IG che è una media pesata delle medaglie vinte da una squadra (v. definizione a pag. 193); per questo indice non è stato possibile redigere una classifica completa in quanto non è stato reso noto il numero di studenti per ogni nazione.



La squadra italiana alle EuPhO2021. Con il prof. Dennis Luigi Censi, da sinistra: Luca Cremonesi, Tommaso Lunghi, Martino Barbieri, Giacomo Calogero, Massimo Gasparini.

- (d) Interruttore di selezione del condensatore (può essere impostato su C1 o C2),
 - (e) Voltmetro a bassa corrente di ingresso (nella scheda),
 - (f) Termostato con riscaldatore e sensore di temperatura (nella scheda),
 - (g) Condensatori campione C1 e C2,
 - (h) LED collegato a una sorgente di corrente costante e voltmetro,
 - (i) Pulsante di reset,
 - (j) Porta di alimentazione USB,
 - (k) Porta dati a 6 PIN per il collegamento al tablet.
2. Alimentazione per la scheda con presa USB Micro-B.
 3. Ponticelli W1 (con resistenza R1 da 100 MΩ all'interno) e W2 (0 Ω).
 4. Materiale termoisolante per il termostato.
 5. Cavo connettore tra scheda e tablet, con presa USB Micro-B sul lato tablet.
 6. Tablet touchscreen con l'app IPhO 2021 Experiments (manuale utente dell'app fornito di seguito).
 7. Termometro (disponibile nella sala esami).

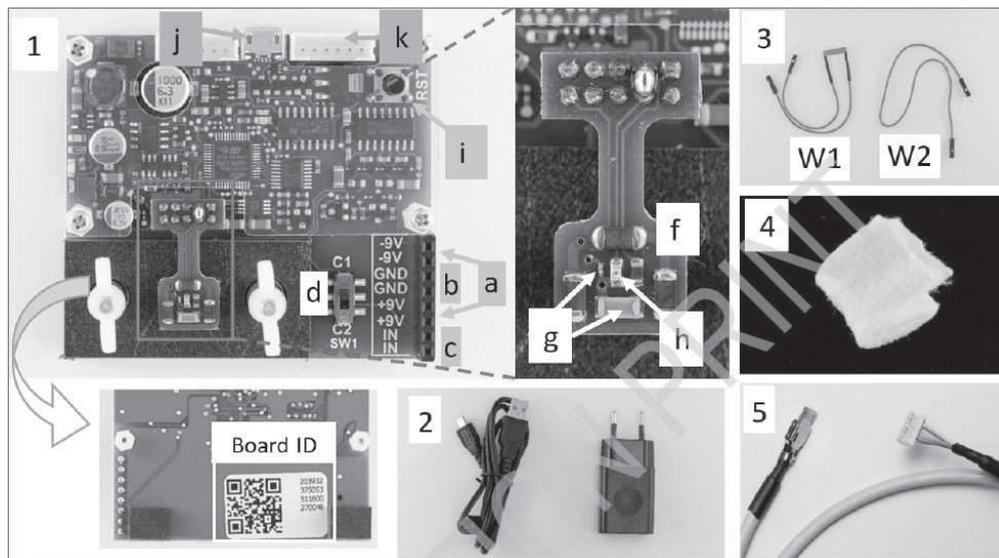


Figura SpG-1

La temperatura del termostato viene misurata utilizzando il termistore NTC (Negative Temperature Coefficient), la sua resistenza dipende dalla temperatura assoluta T (in kelvin) come segue:

$$R(T) = R_0 e^{B/T} \quad (1)$$

$B = 3500$ K, e R_0 è una costante che va determinata dalla temperatura ambiente nota, prima di attivare il riscaldamento. Il valore di questa costante è necessario per entrambi gli esperimenti. La temperatura del termostato può essere controllata modificando la corrente di riscaldamento (attraverso l'app).

Dopo aver modificato la corrente di riscaldamento, è necessario attendere che il sistema raggiunga una temperatura stabile. D'altra parte, si assume che l'equilibrio termico tra i componenti (condensatori, NTC e LED) avvenga "istantaneamente" senza che si verifichi alcun ritardo significativo.

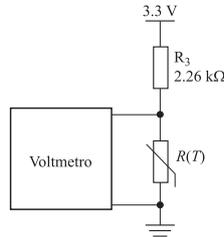


Figura SpG-2

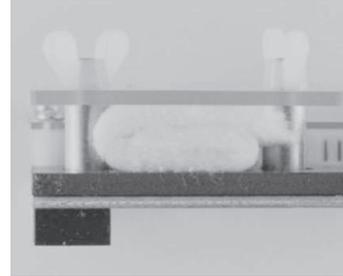


Figura SpG-3

Per garantire condizioni termiche più stabili, sopra il termostato è stato posto uno strato di materiale isolante, pressato su di esso mediante una piastrina di plastica trattenuta da due viti.

Attenzione:

Evita di danneggiare la scheda e i connettori dei cavetti su di essa; assicurati di collegare tutto correttamente senza forzare eccessivamente.

I liquidi non si mescolano bene con l'elettronica, quindi fai attenzione quando maneggi i liquidi (come l'acqua potabile) vicino al *setup* sperimentale. Non sputarci sopra per sbaglio.

PROBLEMA N. 1. – Condensatori non ideali

10 Punti

Questo esperimento è progettato per studiare le proprietà dei condensatori.

La capacità del condensatore (che in questo testo significherà sempre capacità differenziale) può essere trovata dal suo grafico che riporta il processo di carica in funzione della sua differenza di potenziale $U(t)$ attraverso il resistore R_1 . A seconda del circuito, è necessario trovare la relazione tra la corrente di carica del condensatore e la differenza di potenziale, $I(U)$, e usarla per determinare la capacità:

$$C(U) = \frac{dq}{dU} = \frac{I dt}{dU} = \frac{I(U)}{dU/dt}. \quad (1)$$

Il circuito elettrico implementato in questo esperimento è mostrato in figura Sp1-1. L'interruttore S1 sulla scheda può essere utilizzato per commutare tra i condensatori C1 e C2. La posizione centrale dell'interruttore non ha alcun ruolo in questo esperimento e non deve mai essere utilizzata.

Attenzione: uno dei condensatori campione contiene un dielettrico con permittività dielettrica che dipende dalla velocità di variazione della differenza di potenziale del condensatore.

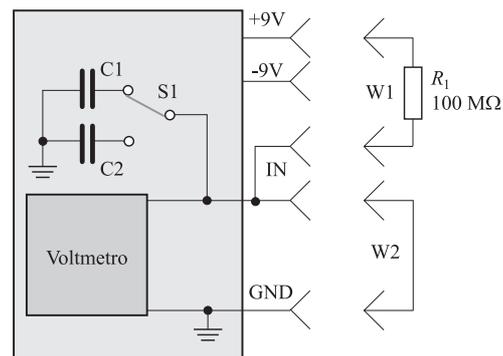


Figura Sp1-1 – Circuito elettrico dell'esperimento

La tabella seguente riporta il numero di medaglie assegnate.

Continente	Studenti	Oro	Argento	Bronzo	Menz. on.	TOT.
Europa	192	14	27	59	44	144
Asia	134	25	33	25	17	100
America	126	6	1	7	1	15
Africa	12	0	0	0	0	0
Oceania	5	0	0	3	1	4
Totale	369	45	61	94	63	263

Infine, a pagina seguente, l'ultima tabella riporta l'*Efficienza di partecipazione* (IG) di ogni Paese, un indice proposto da Waldemar Gorzkowski, storico presidente delle IPhO dal 1984 al 2007:

$$IG = (n_O + 0.75 n_A + 0.5 n_B + 0.25 n_M) / N_{\text{stud}}.$$

Si tratta di una somma pesata delle medaglie vinte da ogni Paese divisa per il numero di studenti partecipanti (normalmente 5, ma talvolta di meno): alle diverse fasce di premio il peso attribuito è rispettivamente pari a 1 (oro), 0.75 (argento), 0.5 (bronzo) e 0.25 (menzione). Se la squadra è al completo l'indice va da 0.05 per una sola menzione, fino ad 1 per 5 medaglie d'oro.



La squadra italiana alle IPhO on-line 2021 organizzate dalla Lituania: da sinistra a destra i leader prof. Alberto Meroni e prof. Dennis Luigi Censi, i concorrenti Giacomo Calogero (argento), Martino Barbieri (bronzo), Marco Catapano (argento), Dariel Vllamasi (bronzo), Daniele Fedeli (bronzo) e i "vigilanti" prof. Stefano Bolzonella e prof. Angelo Angeletti.